دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد ریشه چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) تحت شرایط آلودگی طبیعی به بیماری ویروسی ریزومانیا

حیدر عزیزی[۱]، عادل پدرام[۲] و پرویز فصاحت[۳]

۱ – بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران، (نویسنده مسوول: heydar.azizi@gmail.com)
۲– بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
۳– مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۳
صفحه: ۱۹۷ تا ۲۰۴

چکیده

به منظور شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد ریشه و تعیین روابط علت و معلولی بین آن‌ها در۲۰ رقم مختلف چغندرقند، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۶ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. صفات مورد ارزیابی شامل عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص و ناخالص، درصد قند خالص و ناخالص، ضریب استحصال شکر، میزان α-آمینو نیتروژن، سدیم و پتاسیم ریشه، ضریب قلیاییت و درصد قند ملاس بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بین ارقام مورد بررسی از نظر صفت مقدار نیتروژن مضره ریشه در سطح احتمال پنج درصد و برای سایر صفات، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی برای اکثر صفات بالا بود که بیانگر وجود تنوع نسبتاً بالا در ارقام مورد مطالعه برای صفات ارزیابی شده می‌باشد. ضرایب همبستگی بین صفات نشان داد که بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار به ترتیب در بین صفت عملکرد ریشه با صفات درصد قند ناخالص (۰/۶۲-)، درصد قند خالص (۰/۵۳-)، ضریب قلیاییت (۰/۵۲-)، مقدار پتاسیم (۰/۴۹-)، سدیم ریشه (۰/۴۵-) و همچنین میزان قند ملاس (۰/۴۹-) و با صفات عملکرد قند ناخالص (۰/۹۵)، عملکرد قند خالص (۰/۹۰) و ضریب استحصال شکر (۰/۵۸) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. در تجزیه رگرسیون چندگانه به روش گام به گام، صفات درصد قند خالص و ناخالص، میزان نیتروژن مضره و ضریب قلیاییت به ترتیب وارد مدل شدند که ۸۲ درصد از تغییرات عملکرد ریشه را توجیه کردند. بر اساس نتایج تجزیه همبستگی، رگرسیون و علیت، از بین صفات مورد بررسی، صفات میزان نیتروژن مضره (۰/۳۵) و درصد قند خالص (۰/۳۱-) به ترتیب با بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد ریشه موثر بوده و در شناسایی ژنوتیپ‌ها مفید خواهند بود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه علیّت، رگرسیون گام به گام، عملکرد کمی و کیفی، همبستگی

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) از جمله محصولاتی است که اهمیّت راهبردی روزافزونی را در بخش کشاورزی دارا می‌باشد. در ایران سابقه کشت چغندرقند به حدود ۱۰۰ سال پیش برمی‌گردد. میزان تولید چغندرقند در جهان در سطحی معادل ۴/۶ میلیون هکتار، حدود ۲۷۸/۵ میلیون تن با میانگین عملکرد ۶۰/۴۲ تن در هکتار برآورد شده است، که این میزان در ایران برابر با ۷/۴ میلیون تن با میانگین عملکرد ۶۲/۱۵ تن در هکتار می‌باشد (۷). این میزان تولید در کشور معادل ۹/۱۱ درصد از کل میزان تولید محصولات زراعی و ۵۶/۰۶ درصد از کل میزان تولید محصولات صنعتی می‌باشد. استان‌های آذربایجان غربی و زنجان بترتیب با ۳۲/۰۹ و ۰/۰۱ درصد از تولید کشور در جایگاه‌های نخست و آخر قرار دارند (۱).

چغندرقند طی فصل رشد مورد حمله آفات و بیمارگرهای مختلفی قرار می‌گیرد. در ایران نیز آلودگی به بیماری‌های مختلف باکتریایی، نماتدی، قارچی (مخصوصاً ریزوکتونیا) و ویروسی از جمله ریزومانیا (ریشه‌ریشی یا ریشه‌گنایی) گزارش شده است. عوامل بیماری‌زای برگ و ریشه چغندرقند از عوامل تأثیرگذار بر کمیّت و کیفیت محصول چغندرقند می‌باشند و در بسیاری موارد مانع توسعه و حتی باعث محدودیت کشت این محصول می‌شوند (۱۸).

اهمیّت بالای مصرف قند به عنوان یکی از اقلام مهم در سبد کالای خانوارهای ایرانی از یک سو، تأمین بخش اعظمی از نیاز داخل از طریق واردات از سوی دیگر و همچنین کاهش عملکرد ناشی از افزایش سطوح کشت آلوده به بیماری‌ها، لزوم سرمایه‌گذاری در زمینه افزایش عملکرد کمیّ و کیفی چغندرقند از طریق روش‌های مختلف به‌زراعی و به‌نژادی را نشان می‌دهد که در استقلال اقتصادی و سیاسی کشور، می‌تواند نقش بسیار مؤثری داشته باشد.

مقایسه ارقام مختلف داخلی و خارجی چغندرقند حاکی از پیشرفت اصلاحی ارقام داخلی به لحاظ عملکرد می‌باشد. بنابراین در گزینش ارقام، عملکرد از اهمیّت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. امّا به علت تأثیر شرایط مختلف محیطی که همبستگی بین صفات مربوط به عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهند، گزینش تنها بر مبنای عملکرد ممکن است گمراه کننده باشد (۴)، بنابراین به‌دست آوردن اطلاعات مربوط به عملکرد و اجزای آن تحت شرایط خاص محیطی برای افزایش عملکرد ضروری به نظر می‌رسد. همچنین شناخت و انتخاب صفاتی که روی عملکرد کمّی و کیفی اثر مثبت داشته و در ضمن از توارث و بازدهی ژنتیکی زیادی برخوردار هستند، می‌تواند در بهبود عملکرد مؤثر واقع شوند (۲).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOI: 10.52547/jcb.13.37.197]

همچنین هنگامی‌که شمار متغیرهای مستقل مؤثر بر صفت وابسته زیاد می‌شود، میزان وابستگی صفات به یکدیگر محدود شده، در چنین شرایطی، همبستگی‌ها به تنهایی نمی‌توانند روابط بین متغیرها را توجیه کنند (۹). روابط اساسی میان صفات، در تجزیه علیّت بیان می‌گردد. هدف از این تجزیه این است که توضیحات قابل پذیرش از همبستگی میان صفات بر پایه یک مدل علت و معلولی ارائه شود، و اهمیّت صفات مؤثر بر یک صفت خاص برآورد گردد. در این روش ضرایب همبستگی به آثار مستقیم و غیرمستقیم مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل یک متغیر وابسته تقسیم، و اهمیّت آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین با استفاده از تجزیه علیّت می‌توان به اطلاعات تکمیلی دست یافت که عموماً در همبستگی‌های ساده مشاهده نمی‌شوند (۱۷).

تعداد زیادی از محققین روابط علت و معلولی بین عملکرد و سایر صفات را در گیاهان زراعی مختلف از جمله برنج (۳)، گندم (۱۱)، جو (۴،۱۹)، کلزا (۱۴) و همچنین چغندرقند (۲،۵،۶،۱۲) مورد بررسی قرار داده‌اند که در چغندرقند به اثرهای مستقیم مساحت برگ (۱۰)، وزن خشک ریشه، وزن تر کل، وزن تر برگ و وزن تر طوقه (۱۲) قطر ریشه و محتوای قند ملاس (۵) بر عملکرد اشاره کرده‌اند.

در نهایت با توجه به توضیحات ارایه شده و همچنین از آنجایی که علاوه بر ژنوتیپ، عوامل محیطی (مانند آلودگی به بیماری) نیز بر تظاهر فنوتیپ مؤثرند و موجب تغییر در تظاهر صفات و در نهایت عملکرد می‌گردند، این تحقیق با هدف شناخت نحوه ارتباط صفات مختلف با یکدیگر و در نهایت تعیین مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد ریشه چغندرقند تحت شرایط آلودگی طبیعی بیماری ریزومانیا صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی روابط بین صفات و همچنین شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد ریشه در ارقام مختلف چغندرقند (۲۰ رقم شامل F-21006، F-21007، F-21008، F-21009، F-21012، F-21013، F-21019، F-21020، F-21021، F-21022، F-21023، F-21028، SBSI 053، SBSI 054، Boomerang، Premeire، Novodoro، Kermit، اکباتان و شریف)، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۶ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب اجرا گردید. ایستگاه مذکور در پنج کیلومتری شمال غربی شهر در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۹۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه ۵۸ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۱۳۱۴ متری از سطح دریای آزاد واقع شده است. لازم به ذکر است که ماده آزمایشی ایستگاه تحقیقات میاندوآب دارای آلودگی طبیعی به ویروس ریزومانیا بوده و همواره کلیه آزمایشات به‌نژادی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند برای سلکسیون و تهیه ارقام مقاوم به این بیماری در این ایستگاه انجام می‌گیرد که زردی کامل برگ‌های شاهد حساس (رقم شریف) در مقایسه با شاهد مقاوم در کلیه آزمایشات و همچنین این آزمایش مؤید این مطلب می‌باشد (شکل ۱).

پس از آماده‌سازی زمین به طرز مطلوب (شامل شخم، دیسک، تسطیح و کرت‌بندی)، کلیه ارقام در اواسط فروردین ماه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار با کشت سه خط به طول هشت متر، فاصله خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط ۱۸ سانتی‌متر مورد ارزیابی قرار گرفتند. در طول دوره رشد عملیات داشت (آبیاری، کوددهی، عملیات کولتیواسیون، مبارزه با علف‌های هرز، مبارزه با آفات و ...) بر اساس عرف منطقه و در حد نیاز انجام شد. برداشت و توزین ریشه‌ها در نیمه دوم مهر ماه صورت گرفت و عملکرد ریشه برای هر رقم بر حسب تن در هکتار تبدیل شد. به منظور خمیرگیری، از محصول هر کرت، تعداد ۳۰ عدد ریشه به‌طور تصادفی به عنوان نمونه انتخاب شدند. ریشه‌ها شستشو و توزین شده، خمیر (پلپ) در آزمایشگاه تهیه و بعد از انجماد برای تجزیه‌های آزمایشگاهی و تعیین صفات کیفی شامل درصد قند خالص و ناخالص، ناخالصی‌های ریشه شامل نیتروژن مضره، سدیم و پتاسیم و ضریب قلیاییت به آزمایشگاه تکنولوژی قند مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند (واقع در کرج) ارسال شد. در آزمایشگاه درصد قند (SC) به روش پلاریمتری (بر حسب گرم شکر در ۱۰۰ گرم چغندرقند)، مقدار پتاسیم (K) و سدیم (Na) ریشه به روش فلیم فوتومتری و مقدار نیتروژن (N) به روش عدد آبی (بر حسب میلی اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه) اندازه‌گیری شدند. میزان قند ملاس (بر حسب گرم شکر در ۱۰۰ گرم چغندرقند) و عملکرد قند ناخالص (SY) و خالص (WSY) (بر حسب تن در هکتار)، درصد قند خالص (WSC) (بر حسب گرم شکر در ۱۰۰ گرم چغندرقند) و ضریب استحصال شکر (ECS) (بر حسب درصد شکر) محاسبه شدند. همچنین ضریب قلیاییت بصورت نسبت مجموع سدیم و پتاسیم به نیتروژن مضره موجود در ریشه محاسبه گردید. در جدول ۱، اصطلاحات و تعاریف بیان کننده کمیت و کیفیت تکنولوژیکی چغندرقند به اختصار ارائه شده است.

قبل از ارزیابی، بوته‌های خارج از تیپ حذف، سپس میانگین مشاهدات در هر کرت جهت انجام تجزیه‌های آماری اعم از تجزیه واریانس، تجزیه همبستگی، تجزیه رگرسیون چندگانه و تجزیه علیّت مورد استفاده قرار گرفت. همچنین ضریب تغییرات ژنوتیپی (GCV) و فنوتیپی (PCV) به ترتیب با استفاده از واریانس ژنوتیپی (σ_g^2) و واریانس فنوتیپی (σ_{ph}^2) و همچنین میانگین صفات ($\overline{x}$) و بر اساس روابط زیر محاسبه شدند (۳).

$$PCV = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{x}} \times 100, \ (\sigma_g^2 = \frac{MS_g - MS_e}{r})$$

$$GCV = \frac{\sqrt{\sigma_{ph}^2}}{\bar{x}} \times 100, \ (\sigma_{ph}^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2)$$

در روابط فوق MSg، MSe و r به ترتیب میانگین مربعات بین ژنوتیپ‌ها، میانگین مربعات خطا و تعداد تکرار می‌باشند. همچنین برای درک روابط بین صفات و شناخت صفاتی که بیشترین نقش را در عملکرد ریشه ایفا می‌نمایند، از تجزیه علیّت بر مبنای ضرایب همبستگی فنوتیپی استفاده شد. از

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.52547/jcb.13.37.197]

آنجایی که عملکرد صفتی کمی می‌باشد که تابعی از تغییرات سایر صفات که اصطلاحاً به اجزای عملکرد موسوم‌اند، می‌باشند، بنابراین، اطلاع از روابط رگرسیونی بین آن‌ها می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌ریزی برای تولید عملکرد بالا در واحد سطح داشته باشد. در این پژوهش، برای بررسی تأثیر هر یک از صفات مورد ارزیابی روی متغیر تابع یا وابسته (عملکرد ریشه) و همچنین کاهش تعداد متغیرهای مستقل و برازش بهترین مدل رگرسیونی، از تجزیه رگرسیون چندگانه به روش گام به گام استفاده شد. برای این منظور، عملکرد ریشه به عنوان متغیر تابع (Y) و سایر صفات به عنوان متغیر علّت (Xi)، متغیرهایی که بیشترین سهم از توجیه تغییرات متغیر تابع را دارند، شناسایی شدند. سپس آثار مستقیم و غیر مستقیم صفات انتخابی مؤثر بر عملکرد ریشه محاسبه گردید. با استفاده از تجزیه علیّت مشخص می‌شود که همبستگی صفات با عملکرد به علت اثر مستقیم آن‌ها روی عملکرد و یا در نتیجه اثر غیر مستقیم از طریق سایر صفات است. اگر همبستگی بین عملکرد و یک صفت به علت اثر مستقیم آن صفت باشد، این مطالب منعکس کننده‌ی یک رابطه واقعی بین آن‌هاست و لذا می‌توان صفت مذکور را به منظور اصلاح و بهبود عملکرد انتخاب نمود، اما اگر این همبستگی به علت اثر غیر مستقیم صفت از طریق سایر صفات باشد، در این صورت عمل انتخاب را باید بر روی صفتی انجام داد که سبب اثر غیر مستقیم شده است (۱۳). همچنین، با توجه به اینکه چگونگی ارتباط بین صفات مختلف در پیشرفت برنامه‌های به‌نژادی و شناخت صفات مناسب جهت به‌گزینی اهمیّت زیادی دارد و انتخاب یک طرفه برای صفات زراعی بدون در نظر گرفتن سایر صفات، نتایج نامطلوبی را در پی خواهد داشت، بنابراین در برنامه‌های به‌نژادی و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر استفاده از همبستگی بین صفات و اثرات مستقیم و غیر مستقیم آن‌ها بایستی مورد توجه قرار گیرد و به همین منظور انجام تجزیه علیّت ضروری می‌باشد (۱۶). در نهایت و بعد از جمع‌آوری داده‌ها، برای تجزیه داده‌ها و محاسبات آماری از نرم‌افزارهای Excel، SAS نسخه ۹ و Path2 استفاده گردید.

نتایج و بحث

قبل از تجزیه داده‌ها، آزمون نرمالیته بر اساس روش‌های کولموگراف اسمیرنوف و شاپیروویلک انجام گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار (رقم) بر صفت میزان نیتروژن مضره در سطح احتمال پنج درصد ($p\leq ۰/۰۵$) و برای سایر صفات، در سطح احتمال یک درصد ($p\leq ۰/۰۱$) معنی‌دار بود (جدول ۲).

بررسی ضرایب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی (جدول ۲) نشان داد که بیشترین مقدار این ضرایب به ترتیب مربوط به صفات ضریب قلیاییت (۵۱/۹۰) و سدیم (۶۳/۳۳) و کمترین آن‌ها مربوط به صفت ضریب استحصال شکر (به ترتیب ۵/۹۸ و ۷/۸۴) می‌باشد. مقادیر متوسط این ضرایب مربوط به صفاتی مانند عملکرد قند ناخالص (SY) و ناخالص (WSY) و میزان قند ملاس (MS) می‌باشد. همانطور که در جدول یک ملاحظه می‌شود، برای صفات عملکرد ریشه (RY)، درصد قند خالص (WSC) و ناخالص (SC) و ضریب استحصال شکر (ECS) بین میزان ضرایب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی اختلاف چندانی مشاهده نمی‌گردد که نشان دهنده توجیه بخشی کمی از تغییرات این صفات توسط محیط و به عبارتی عدم تأثیرپذیری شدید این صفات از تغییرات محیطی می‌باشد. بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس این صفات و از نظر فنوتیپی می‌تواند معیار مناسبی برای گزینش باشد.

جدول ۱- اصطلاحات و تعاریف بیان کننده کمیت و کیفیت تکنولوژیکی چغندرقند

Table 1. Terms and definitions expressing the technological quantity and quality of sugar beet

صفت	تعریف	روش اندازه‌گیری	واحد
عملکرد ریشه	عملکرد ریشه در واحد سطح (وزن تر ریشه)	وزن ریشه‌های برداشت شده از سطح زمین	تن در هکتار
عملکرد قند ناخالص	مقدار شکر (ساکارز) تولید شده در واحد سطح	درصد قند ناخالص × عملکرد ریشه	تن در هکتار
عملکرد قند خالص	مقدار شکر قابل استحصال در واحد سطح	درصد قند خالص × عملکرد ریشه	تن در هکتار
درصد قند ناخالص	شکر موجود در ۱۰۰ گرم وزن تر ریشه	به روش پلاریمتری	گرم شکر در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه (درصد)
درصد قند خالص	مقدار شکر سفید موجود در ۱۰۰ گرم وزن تر ریشه	درصد قند ناخالص – (قند ملاس + ۰/۶)	گرم شکر در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه (درصد)
ضریب استحصال شکر	مقدار شکر سفید قابل استحصال از ساکارز موجود در ریشه	(درصد قند خالص / درصد قند ناخالص) × ۱۰۰	درصد شکر
ناخالصی‌ها	نیتروژن مضره، سدیم و پتاسیم موجود در ریشه	پتاسیم و سدیم به روش فلیم‌فوتومتری و نیتروژن مضره به روش رنگ‌سنجی (عدد آبی)	میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه
ضریب قلیاییت	نسبت مجموع سدیم و پتاسیم به نیتروژن مضره موجود در ریشه	(سدیم + پتاسیم) / نیتروژن مضره	–
قند ملاس	مقدار شکر غیر قابل استحصال از ریشه	$MS = ۰/۳۴۳(Na + K) + ۰/۰۹۴N - ۰/۲۹$	گرم شکر در ۱۰۰ گرم چغندرقند

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.52547/jcb.13.37.197]

شکل ۱- کاشت رقم داخلی شریف به عنوان شاهد حساس (برگ‌های زرد رنگ آن حاکی از حساسیت به بیماری ریزومانیا می‌باشد).
Figure 1. Planting domestic Sharif cultivar as sensitive control (Its yellow leaves indicating susceptibility to rhizomania disease)

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی

Table 2. Analysis of variance of assayed traits.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)									
		RY	SY	WSY	SC	WSC	ECS	N	Na	K	ALC	MS
تکرار	۳	۲۰۳/۳	۱۱/۲۷	۱۰/۷۵	۰/۸۶	۱/۷۷	۱۸/۹۰	۰/۲۴۵	۰/۹۳۶	۰/۹۶۴	۰/۱۸۸	۰/۴۷۴
تیمار	۱۹	۸۱۶/۴**	۴۱/۸۸**	۳۵/۵۷**	۱۲/۲۳**	۲۰/۴۲**	۱۱۷/۴۷**	۰/۳۴*	۳/۴۲**	۲/۸۴**	۳۷/۹**	۱/۳۰**
خطا	۵۷	۸۲/۴۵	۳/۸۱	۳/۵۴	۱/۴۸	۲/۷۵	۱۷/۸۵	۰/۱۷۴	۰/۷۷	۰/۷۸۵	۲/۰۳	۰/۲۹۸
ضریب ژنوتیپی		۱۸/۸۰	۲۱/۷۸	۲۳/۶۶	۸/۴۴	۱۶/۳۱	۵/۹۸	۱۳/۵۸	۴۳/۰۶	۱۲/۱۳	۵۱/۹۰	۱۹/۹۴
تغییرات فنوتیپی (درصد)		۲۲/۶۶	۲۵/۸۱	۲۸/۴۳	۱۰/۵۰	۱۶/۴۳	۷/۸۴	۳۰/۹۵	۶۳/۳۳	۱۹/۲۹	۵۷/۶۴	۲۹/۵۰

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

RY: عملکرد ریشه؛ SY: عملکرد قند ناخالص؛ WSY: عملکرد قند خالص؛ SC: درصد قند ناخالص؛ WSC: درصد قند خالص؛ ECS: ضریب استحصال شکر؛ N: α-آمینو نیتروژن؛ Na: سدیم؛ K: پتاسیم؛ ALC: ضریب قلیاییت؛ MS: درصد قند ملاس.

ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج حاصل نشان داد که بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار عملکرد ریشه با صفات درصد قند ناخالص (۰/۶۲**-)، درصد قند خالص (۰/۵۳**-)، ضریب قلیاییت (۰/۵۹**-)، مقدار پتاسیم (۰/۴۹**-) و سدیم ریشه (۰/۴۵**-) و همچنین میزان قند ملاس (۰/۴۹**-) بود و با صفات عملکرد قند ناخالص (۰/۹۵**)، عملکرد قند خالص (۰/۹۰**) و ضریب استحصال شکر (۰/۵۸**) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). بین صفت عملکرد قند ناخالص با درصد قند ناخالص (۰/۷۲**)، ضریب استحصال شکر (۰/۶۹**) و سدیم (۰/۵۱**) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. با توجه به اینکه درصد قند ناخالص جزیی از رابطه ریاضی است که عملکرد قند ناخالص از آن مشتق می‌شود، لذا وجود چنین ارتباطی بین عملکرد قند ناخالص و درصد قند ناخالص کاملاً منطقی به نظر می‌رسد. از آنجا که سدیم یکی از عناصری است که بصورت ناخالص در ریشه وجود دارد، بنابراین افزایش این عنصر میزان عملکرد قند ناخالص را افزایش داده و از خلوص قند می‌کاهد (۶). صفت عملکرد قند خالص با صفات درصد قند ناخالص (۰/۷۸**)، درصد قند خالص (۰/۸۰**) و ضریب استحصال شکر (۰/۷۹**) همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات میزان قند ملاس (۰/۷۲**-)، مقدار سدیم (۰/۷۰**-) و پتاسیم (۰/۶۵**-) و همچنین ضریب قلیاییت (۰/۶۸**-) همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد (جدول ۳).

نیتروژن مضره با سدیم و پتاسیم (به ترتیب ۰/۳۱* و ۰/۲۵*) دارای همبستگی مثبت است. این مطلب نشان می‌دهد که پتاسیم مانع از جذب نیتروژن نمی‌شود و شاید مصرف پتاسیم در اراضی شور بتواند خسارت سدیم را تا حدی کاهش دهد (۱۳). سدیم ریشه با درصد قند خالص (۰/۸۹**-) و ناخالص (۰/۸۳**-) همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. با توجه به این توضیحات می‌توان چنین استنباط نمود که در صورت وجود سدیم بالای خاک (مثلاً در خاک‌های شور)، در صورت کمبود پتاسیم، درصد قند بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. نتایج حاصل از این بررسی با یافته‌های سایر محققین نیز در این زمینه مشابهت دارد (۶،۸،۱۳،۱۵). البته وجود برخی تناقضات در مطالعات مختلف می‌تواند ناشی از تفاوت در شرایط انجام بررسی‌ها و همین‌طور ژنوتیپ‌های متنوع مورد بررسی باشد (۳،۱۳).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.52547/jcb.13.37.197]

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد ارزیابی

Table 3. Simple correlation coefficients between evaluated traits

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
RY -۱	۱/۰۰										
SY -۲	۰/۹۵**	۱/۰۰									
WSY -۳	۰/۹۰**	۰/۹۹**	۱/۰۰								
SC -۴	-۰/۶۲**	۰/۷۲**	۰/۷۸**	۱/۰۰							
WSC -۵	-۰/۵۳**	۰/۷۳**	۰/۸۰**	۰/۹۸**	۱/۰۰						
ECS -۶	۰/۵۸**	۰/۶۹**	۰/۷۹**	۰/۸۹**	۰/۹۵**	۱/۰۰					
Na -۷	-۰/۴۵**	۰/۵۱**	-۰/۷۰**	-۰/۸۳**	-۰/۸۹**	-۰/۹۲**	۱/۰۰				
K -۸	-۰/۴۹**	-۰/۵۹**	-۰/۶۵**	-۰/۶۷**	-۰/۷۶**	-۰/۸۶**	۰/۶۸**	۱/۰۰			
N -۹	۰/۲۷*	۰/۱۶	۰/۰۸	-۰/۱۳	-۰/۰۳	-۰/۰۱	۰/۳۱*	۰/۲۵*	۱/۰۰		
ALC -۱۰	-۰/۵۹**	-۰/۶۹**	-۰/۶۸**	-۰/۷۵**	-۰/۷۴**	-۰/۷۸**	۰/۶۷**	۰/۵۵**	-۰/۵۵**	۱/۰۰	
MS -۱۱	-۰/۴۹**	-۰/۶۴**	-۰/۷۲**	-۰/۸۰**	-۰/۸۹**	-۰/۹۶**	۰/۹۱**	۰/۹۲**	۰/۲۳*	۰/۶۳**	۱/۰۰

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

RY: عملکرد ریشه؛ SY: عملکرد قند ناخالص؛ WSY: عملکرد قند خالص؛ SC: درصد قند ناخالص؛ WSC: درصد قند خالص؛ ECS: ضریب استحصال شکر؛ N: α-آمینو نیتروژن؛ Na: سدیم؛ K: پتاسیم؛ ALC: ضریب قلیاییت؛ MS: درصد قند ملاس.

در تجزیه رگرسیونی، صفات درصد قند خالص، درصد قند ناخالص، نیتروژن مضره و ضریب قلیاییت به ترتیب وارد مدل شدند (جدول ۴). سایر صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری بر مدل نداشتند و به همین دلیل اختلاف ژنوتیپ‌ها از نظر صفت عملکرد ریشه را می‌توان به تفاوت در صفات فوق نسبت داد. نتایج نشان داد که متغیرهای مستقل درصد قند خالص، درصد قند ناخالص، نیتروژن مضره و ضریب قلیاییت به ترتیب ۱۹، ۲۴، ۱۸ و ۲۱ درصد از تغییرات عملکرد ریشه را توجیه کردند (جدول ۴). ضریب تبیین (R^2) تجمعی مدل برازش شده نشان داد که در مجموع ۸۲ درصد از تغییرات عملکرد ریشه توسط متغیرهای مستقل موجود در مدل توجیه شد. البته لازم به ذکر است که با توجه به همبستگی نسبتاً بالای بین برخی متغیرهای وارد شده در مدل، از فاکتور تورم واریانس (VIF) جهت تعیین وجود احتمالی پدیده هم خطی استفاده گردید و در نهایت صفاتی وارد مدل شدند که مقدار این شاخص برای آن‌ها کمتر از ۱۰ بود. همچنین با محاسبه ضرایب جزئی رگرسیون استاندارد شده مشخص شد که اثر هر چهار متغیر مستقل وارد شده در مدل بر عملکرد ریشه کاهنده بود.

بنابراین می‌توان اظهار داشت که این صفات مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد ریشه (Y) در ارقام مورد مطالعه می‌باشند و گزینش به منظور افزایش عملکرد ریشه از طریق این صفات، اثر بخش خواهد بود. به‌طوری‌که با توجه به علامت منفی اثرات مستقیم هر یک از صفات شناسایی شده مؤثر بر عملکرد ریشه، مسلماً کاهش در مقدار هر یک از این اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه می‌تواند به افزایش عملکرد منجر شود. البته از آنجایی که درصد قند جزیی از عملکرد نهایی می‌باشد، لذا به هنگام انتخاب ارقام با عملکرد نهایی بالاتر، ضمن انتخاب ارقام با عملکرد ریشه بالاتر، بایستی به تعادل این جز نیز با عملکرد ریشه توجه شود. در تحقیقی که توسط بشیری و همکاران (۶) انجام گرفت، بر اساس نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام به گام دو متغیر درصد قند و ازت مضره وارد مدل شدند که ۶۱ درصد از کل تغییرات را توجیه نمودند. اگرچه این اختلاف می‌تواند از تفاوت در ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد آزمایش ناشی شود.

جدول ۴- تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد ریشه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل

Table 4. Stepwise regression analysis of root yield as dependent variable and other traits as independent variable

گام یا مرحله	متغیر	ضریب رگرسیونی جزئی استاندارد شده	R^2 نسبی	R^2 تجمعی
۱	درصد قند خالص (X_1)	-۱/۲۲	۰/۱۹	۰/۱۹
۲	درصد قند ناخالص (X_2)	-۱/۹۳	۰/۲۴	۰/۴۳
۳	ازت مضره (X_3)	-۲/۳۷	۰/۱۸	۰/۶۱
۴	ضریب قلیاییت (X_4)	-۴/۵۸	۰/۲۱	۰/۸۲

$Y= 18.6 – 1.22 X_1 - 1.93 X_2 - 2.37 X_3 - 4.58 X_4$

به منظور تفسیر جامع‌تر نتایج حاصل از همبستگی‌های ساده و همچنین رگرسیون گام به گام و نیز تعیین روابط علّت و معلولی جهت تعیین اثرات مستقیم و غیر مستقیم اجزاء، از تجزیه علیّت استفاده شد. برای انجام تجزیه علیّت، عملکرد ریشه به عنوان متغیر وابسته (معلول) و صفات موجود در مدل رگرسیونی گام به گام به عنوان متغیرهای مستقل (علت) در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه علیّت (جدول ۵) نشان داد که بیشترین و کمترین اثر مستقیم به ترتیب مربوط به صفات میزان نیتروژن مضره (۰/۳۵) و ضریب قلیاییت (۰/۴۶-) بود. در این مطالعه میزان نیتروژن مضره با بیشترین اثر مستقیم و مثبت (۰/۳۵)، دارای اثرات غیر مستقیم منفی از طریق صفات درصد قند ناخالص (۰/۰۵-) و خالص (۰/۰۴-) و اثر غیر مستقیم مثبت از طریق صفت ضریب قلیاییت (۰/۰۱) روی عملکرد ریشه می‌باشد. هر چند که اثرات غیر مستقیم و منفی تأثیر کاهنده‌ای روی عملکرد ریشه دارند، ولی به دلیل وجود اثر مستقیم زیاد و مثبت، این کاهش زیاد محسوس نبوده و در نتیجه همبستگی میزان نیتروژن مضره با عملکرد ریشه (۰/۲۷) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شده است. بنابراین این صفت می‌تواند به عنوان معیار گزینش جهت اصلاح و بهبود عملکرد ریشه معرفی شود. پس از صفت

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.52547/jcb.13.37.197]

میزان ازت مضره، ضریب قلیاییت دارای اثر مستقیم و منفی بالائی (۰/۵۲-) بر عملکرد ریشه بود. اثر غیر مستقیم این صفت از طریق صفت میزان ازت مضره (۰/۰۴) و از طریق صفات درصد قند خالص (۰/۰۷-) و ناخالص (۰/۱۰-) کاهنده می‌باشد. با توجه به اثر مستقیم بالا و منفی صفت ضریب قلیاییت و معنی‌داری همبستگی منفی آن با عملکرد ریشه (۰/۵۹-) در سطح احتمال یک درصد، این صفت نیز می‌تواند مانند میزان نیتروژن مضره به عنوان معیار گزینش برای بهبود عملکرد ریشه انتخاب شود که البته باید جهت معکوس این ارتباط نیز در نظر گرفته شود.

همچنین با توجه به اینکه اثرات مستقیم صفات درصد قند ناخالص (۰/۴۴-) و درصد قند خالص (۰/۳۱-) منفی است (جدول ۵)، می‌توان گفت که اثرات غیر مستقیم این صفات از طریق سایر صفات مورد ارزیابی عامل اصلی همبستگی بین آن‌ها و عملکرد ریشه می‌باشد، بنابراین برای گزینش بایستی عوامل علّی غیر مستقیم را بطور همزمان مورد توجه قرار داد.

اثر باقیمانده نیز که مقدار آن در این پژوهش برابر با ۰/۴۲۴ بود، نحوه توجیه تغییرات عامل وابسته (عملکرد ریشه) را توسط عامل‌های علّی یا سببی نشان می‌دهد. بنابراین، متغیرها (درصد قند خالص و ناخالص، میزان ازت مضره و ضریب قلیاییت) حدود ۵۸ درصد از تغییرات عملکرد ریشه را توجیه می‌کنند. به نظر می‌رسد دلیل این موضوع همبستگی‌های نسبتاً کم این صفات و مخصوصاً صفت میزان نیتروژن مضره با عملکرد ریشه باشد. علاوه بر این، عامل‌های دیگر نیز که در اینجا منظور نشده‌اند، بایستی در تجزیه علیّت دخالت داده شوند تا بتوان بطور کامل تغییرات عملکرد ریشه را توجیه نمود.

جدول ۵- نتایج تجزیه علیت (اثرات مستقیم و غیر مستقیم) صفات مورد ارزیابی بر عملکرد ریشه ارقام چغندرقند

Table 5. The path analysis results (direct and indirect effect) of assayed traits on root yield of sugar beet cultivars

صفات	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق				
		درصد قند خالص	درصد قند ناخالص	ازت مضره	ضریب قلیاییت	همبستگی با عملکرد (اثر کل)
درصد قند خالص	-۰/۳۱	-	۰/۳۶	-۰/۳۳	-۰/۲۵	-۰/۵۳
درصد قند ناخالص	-۰/۴۴	۰/۳۹	-	-۰/۲۸	-۰/۲۹	-۰/۶۲
ازت مضره	۰/۳۵	-۰/۰۴	-۰/۰۵	-	۰/۰۱	۰/۲۷
ضریب قلیاییت	-۰/۴۶	-۰/۰۷	-۰/۱۰	۰/۰۴	-	-۰/۵۹
اثرات باقیمانده = $\sqrt{1-R^2}$ = 0.424		R^2= 0.82				

در مجموع، با توجه به نتایج حاصل از تحقیق حاضر می‌توان گفت که استفاده از صفاتی مانند میزان نیتروژن مضره و ضریب قلیاییت به ترتیب در جهت مستقیم و معکوس برای انتخاب غیر مستقیم جهت نیل به عملکرد بیشتر نوید بخش بوده و بنابراین این صفات می‌توانند نقش مهمی در انتخاب غیر مستقیم ژنوتیپ‌های برتر جهت افزایش عملکرد ریشه داشته باشند و هر گونه فعالیت‌های به‌نژادی یا به‌زراعی در جهت بهبود مورد نظر این صفات می‌تواند موجب افزایش عملکرد ریشه شود. همچنین در این آزمایش مشخص گردید که بهره‌گیری از روش آماری تجزیه علیّت می‌تواند در درک روابط اساسی میان متغیرها کارساز باشد و تنها استناد به روابط همبستگی برای توجیه روابط میان متغیرها کافی نیست. البته وجود تفاوت در نتایج حاصل از این تحقیق و نتایج حاصل از سایر مطالعات مرتبط را می‌توان به متفاوت بودن مواد گیاهی، تاریخ و نحوه کاشت، تراکم مختلف و شرایط محیطی متفاوت نسبت داد.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پروژه پژوهشی مصوب با کد ۹۶۰۰۳۱-۰۰۲-۰۲-۰ می‌باشد. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند و ایستگاه تحقیقات میاندوآب به خاطر کلیه حمایت‌های مالی و مادی و معنوی تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

1. Agricultural Statistics. 2018. Ministry of Agriculture-Jehad Press.
2. Ahmadkhansari, V., H. Sabouri, A. Biyabani, A.L. Gholizade, H.A. Fallahi and M. Zarei. 2016. Study of correlation and path analysis of agronomic traits in wheat-wheat and sugar beet-wheat rotations. Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology, 2(2): 145-156 (In Persian).
3. Azizi, H., A. Aalami, M. Esfahani and A.A. Ebadi. 2017. The Study of correlation and path analysis of grain yield and its related traits in rice (*Oryza sativa* L.) varieties and lines. Journal of Crop Breeding, 9(21): 36-43 (In Persian).
4. Babaeei, A.H., S. Aharizad and S.A. Mohammadi. 2013. Identification of effective traits on barley lines grain yield via path analysis. Journal of Crop Breeding, 5(11): 49-59 (In Persian).
5. Baradaran Firouzabadi, M., N. Farrokhi and M. Parsaeyan. 2011. Sequential path analysis of some yield and quality components in sugar beet grown in normal and drought conditions. Italian Journal of Agronomy, 6: 45-51.
6. Bashiri, B., T. Mir Mahmoodi and K. Fotouhi. 2015. Evaluation of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes for their trait associations under saline conditions. Journal of Crop Ecophysiology, 9(2): 243-258 (In Persian).
7. FAO (Food and Agriculture Organization) Rome. 2019. http://faostat.fao.org/

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.52547/jcb.13.37.197]

8. Fotouhi, K., M. Mesbah, S.Y. Sadeghian Motahar and Z.A. Ranji. 2010. Path analysis under normal and salt stress conditions in sugar beet germplasm. Journal of Sugar Beet, 26(1): 1-13 (In Persian).
9. Hamel Niyat, M., N.A. Babaeian-Jelodar, N.A. Bagheri and G. Kiani. 2016. Determining of correlation coefficient and path analysis of performance effective traits in mutant lines of Tarom-Mahali. Journal of Crop Breeding, 8(20): 198-206 (In Persian).
10. Mohammad Yosefi, S., M. Ahmadi and H. Najafi Zarini. 2017. Assessment of relationship between effective traits on bolting and root yield of sugar beet lines for autumn sowing. Electronic Journal of Crop Production, 10(2): 11-28. (In Persian).
11. Mohammadi, S. 2014. The assessment of relationships between yield and its component in bread wheat under complete irrigation and end season moisture stress conditions using multivariate statistical methods. Iranian Journal of Field Crop Research, 12(1): 99-109 (In Persian).
12. Nasri, R., A. Kashani, F. Paknezhad, M. Sadeghi Shoae and S. Ghorbani. 2012. Correlation and path analysis of qualitative and quantitative yield in sugar beet in transplant and direct cultivation method in saline lands. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8(1): 213-226 (In Persian).
13. Nasri, R., F. Paknezhad, M. Sadeghi Shoae, S. Ghorbani and Z. Fatemi. 2013. Correlation and path analysis of salt stress on yield component of barley (*Hordeum vulgare* L.) in Karaj region. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8: 155-165 (In Persian).
14. Rahimi, M., M. Ramezani and A.A. Ozoni Davaji. 2016. Investigation of path and correlation analysis of pattern and plant densities effect on two rapeseed cultivars. Journal of Crop Breeding, 8(19): 218-227 (In Persian).
15. Ranji, Z.A. and M. Parvizi Almani. 1996. Screening sugar beet progeny lines for salinity tolerance by comparing potential productivity and stress coefficient under saline and normal soils. Journal of Sugar Beet, 12(2): 19-28 (In Persian).
16. Sabokdast, M. and F. Khyalparast. 2008. A study of relationship between grain yield and yield component in common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 11(42): 123-134 (In Persian).
17. Soghani, M., Sh. Vaezi and S.H. Sabaghpour. 2010. Study on correlation and path analysis for seed yield and its dependent traits in white bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agronomy and Plant Breeding, 6(3): 27-36 (In Persian).
18. Soltaninezhad, S., S. B. Mahmoudi and R. Farrokhinezhad. 2007. Characterization of sugar beet Rhizoctonia isolates in Iran. Journal of Sugar Beet, 23(2): 135-150 (In Persian).
19. Zare, M. 2017. Correlation and path coefficient analysis of various agronomic traits in barley under drought stress and non-stress conditions. Journal of Plant Ecophysiology, 9(28): 60-67 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.52547/jcb.13.37.197]

Identification of Effective Traits on Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Root Yield under Natural Infection Conditions to Rhizomania Virus Disease

Heydar Azizi[1], Adel Pedram[2] and Parviz Fasahat[3]

1- Sugar Beet Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Urmia, Iran, (Corresponding author: heydar.azizi@gmail.com)
2- Sugar Beet Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Urmia, Iran
3- Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
Received: January 5, 2021 Accepted: February 21, 2021

Abstract

In order to identification of effective traits on root yield and also determination of cause-and-effect relationships between in 20 different sugar beet cultivars, an experiment was carried out in West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Miandoab Research Station based on RCB design with four replications in 2017 crop season. The assayed traits included root yield, sugar yield, white sugar yield, sugar content, white sugar content, extraction coefficient of sugar, root α-amino nitrogen, sodium and potassium, alkalinity coefficient and molasses sugar. The results of analysis of variance showed that difference between studied cultivars for amino nitrogen (α-N) all traits was significant at the 0.05 probability level and for other traits was significant at the 0.01 probability level. Phenotypic and genotypic coefficients of variation for most traits were high, indicating relatively high variability in studied cultivars for evaluated traits. Correlation coefficients between traits showed that there is the most negative and significant correlation between root yield trait with sugar content (-0.62), white sugar content (-0.53), alkalinity coefficient (-0.52), potassium (-0.49), sodium (-0.45) and also molasses sugar content (-049) traits, and the most positive and significant correlation with sugar yield (0.95), white sugar yield (0.90) and extraction coefficient of sugar (0.58) traits, respectively. In multiple regression analysis by stepwise method, sugar content and white sugar content, amino nitrogen and alkalinity coefficient traits were entered into model, respectively, that explained 82 percent of root yield variations. Based on correlation, stepwise regression and path analysis results, among the studied traits, amino nitrogen (0.35) and white sugar content (-0.31) traits with most direct effect were effective on root yield and will be useful in identifying genotypes.

Keywords: Correlation, Path analysis, Quantitative and qualitative yield, Stepwise regression

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.52547/jcb.13.37.197]